



**ANALISIS SISTEM SALURAN CETAKAN PASIR TERHADAP  
CACAT PENYUSUTAN PADA PROSES PENGECORAN LOGAM  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**

Oleh:

**M Hafiizh Khoiruddin**

**151910101102**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**ANALISIS SISTEM SALURAN CETAKAN PASIR TERHADAP  
CACAT PENYUSUTAN PADA PROSES PENGECORAN LOGAM  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Studi Teknik Mesin(S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**M Hafiizh Khoiruddin**

**151910101102**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur saya panjatkan pada Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya dan keluarga besar saya yang tercinta.
2. Tim Material Riset Grup (MRG)
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

Barangsiapa yang menginginkan mutiara, harus berani terjun di lautan yang dalam

*(Ir. Soekarno)*

Apabila kamu sudah memutuskan menekuni suatu bidang, jadilah orang yang konsisten. Itu adalah kunci keberhasilan sebenarnya

*(B.J. Habibie)*

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M Hafiizh Khoiruddin

NIM : 151910101102

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Sistem Saluran Cetakan Pasir Terhadap Cacat Penyusutan Pada Proses Pengecoran Logam Menggunakan Metode Taguchi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 September 2019  
Yang menyatakan,

M Hafiizh Khoiruddin  
151910101102

**SKRIPSI**

**ANALISIS SISTEM SALURAN CETAKAN PASIR TERHADAP  
CACAT PENYUSUTAN PADA PROSES PENGECORAN LOGAM  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

Oleh :

**M Hafiizh Khoiruddin**

**151910101102**

**Pembimbing :**

**Dosen Pembimbing Utama**

**: Andi Sanata, S.T., M.T.**

**Dosen Pembimbing anggota**

**: Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Sistem Saluran Cetakan Pasir Terhadap Cacat Penyusutan Pada Proses Pengecoran Logam Menggunakan Metode Taguchi” karya M Hafiizh Khoiruddin yang telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 11 September 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

**Tim Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama,

Andi Sanata, S.T., M.T.

NIP 197505022001121001

Dosen Pembimbing Anggota,

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.

NIP 196912011996021001

**Tim Penguji:**

Penguji I,

Dr. Agus Triono, S.T.,M.T.

NIP 196802021997021001

Penguji II,

Ir. Ahmad Syuhri M.T.

NIP 196709241994121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

**ANALISIS SISTEM SALURAN CETAKAN PASIR TERHADAP CACAT PENYUSUTAN PADA PROSES PENGECORAN LOGAM MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI; M Hafiizh K; 2019; 71 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember**

Pengecoran logam memiliki peranan penting didalam perkembangan industri ataupun usaha peleburan logam terutama pengecoran aluminum yang sudah ditemukan pada akhir abad 19. Proses ini banyak digunakan di dunia industri baik industri menengah-bawah maupun menengah-atas.

Cetakan pasir adalah cetakan yang terbuat dari pasir yang diberi bahan pengikat. Pasir yang paling banyak digunakan adalah pasir silika baik pasir silika dari alam maupun pasir silika buatan dari kwarsit. Bahan pengikat yang paling banyak digunakan adalah bentonit. Pasir merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pembuatan cetakan, karena pasir dapat digunakan untuk logam ferrous dan non ferrous.

Dengan mempertimbangkan ukuran saluran masuk (*ingate*), panjang runner, dan diameter ingate, maka akan mengurangiresiko terjadinya cacat penyusutan dan meningkatkan kualitas hasil produk cor pada pengecoranaluminium dengan cetakan pasir.

Kontribusi faktor kendali dalam nilai persentase penyusutan yang optimal atau terkecil dipengaruhi oleh faktor kendali yaitu diameter *riser* sebesar 52,72 %, panjang *runner* 7,82 % dan diameter *ingate* 35,85 %. kondisi optimal yang dihasilkan adalah pada diameter *riser* level 3 (20mm), panjang *runner* level 1 (60mm) dan diameter *ingate* level 3 (30mm). Kombinasi optimal tersebut menghasilkan persentase penyusutan sebesar 5,47 %.

## SUMMARY

**Analysis Of The Sand Mold Duct System Againts Shrinkage Defects In The Metal Casting Process Using The Taguchi Method.** M Hafiizh K; 151910101102; 2019; 78 pages; *The Mechanical Departmen. The Faculty Of Engineering. Jember University*

Metal casting has an important role in the development of industry or metal smelting business, especially aluminum casting which was discovered at the end of the 19th century. This process is widely used in the industrial world, both the lower-middle and upper-middle industries.

Sand mold is a mold made from sand that is given a binder. The most widely used sand is silica sand, both natural silica sand and artificial silica sand from quartzite. The binder most commonly used is bentonite. Sand is the most widely used material in mold making, because sand can be used for ferrous and non-ferrous metals.

Taking into account the size of the inlet (ingate), runner length, and diameter of the riser will reduce the risk of shrinkage defects and improve the quality of the results of cast products in aluminum casting with sand molds.

The contribution of the control factor in the optimal or smallest percentage of depreciation is influenced by the control factor namely the riser diameter of 52.72%, the runner length of 7.82% and the ingate diameter of 35.85%. The optimal conditions produced are at the level 3 (20mm) riser diameter, the length of level 1 runner (60mm) and the ingate level 3 (30mm) diameter. The optimal combination results in a shrinkage percentage of 5.47%.

## PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'aalamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Penyayang. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Sistem Saluran Cetakan Pasir Terhadap Cacat Penyusutan Pada Proses Pengecoran Logam Menggunakan Metode Taguchi". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Andi Sanata, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dedi Dwilaksana, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Dr. Agus Triono, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji I, dan Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Laboratorium terapan dan grup riset MRG yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan penelitian;
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dorongan dan doanya. kepada saya.
5. Kekasih saya Auliya Rahmatika yang telah memberi semangat pada saya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman Teknik Mesin 2015 yang telah memberikan semangat;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 11 September 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

PERSEMBAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iv
PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
SUMMARY .....	viii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian .....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian .....	4
BAB2. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pengecoran Logam .....	5
2.1.1 Keuntungan Proses Pengecoran Logam .....	5
2.1.2 Kekurangan Proses Pengecoran Logam .....	5

2.1.3	Cacat Pengecoran Logam.....	6
2.2	Aluminium.....	6
2.3	Pasir Cetak.....	6
2.4	Syarat-syarat Pasir Cetak.....	7
2.5	Metode Pembuatan Pengecoran Logam .....	8
2.5.1	Pola.....	9
2.5.2	Pembuatan Cetakan.....	9
2.5.3	Sistim Saluran .....	10
2.6	Metode Taguchi .....	12
2.6.1	Konsep Metode Taguchi.....	13
2.6.2	Desain Eksperimen.....	15
2.6.3	Eksperimen Konfirmasi .....	25
2.7	Hipotesis .....	26
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>27</b>
3.1	Metodologi Penelitian .....	27
3.2	Tempat Penelitian .....	27
3.3	Bahan dan Alat Penelitian .....	27
3.4	Varabel Penelitian.....	28
3.4.1	Variabel Bebas.....	28
3.4.2	Variabel Terikat .....	30
3.4.3	Variabel Tetap.....	31
3.5	Metode Penelitian.....	31
3.6	Pengambilan Data.....	32

3.7	Metode Analisis .....	35
3.8	Diagram Alir Penelitian .....	36
BAB 4. PEMBAHASAN .....		38
4.1	Hasil Uji Mekanis Cetakan Pasir .....	38
4.2	Data Hasil Perhitungan Cacat Shrinkage .....	39
4.3	Perhitungan Rasio S/N .....	40
4.4	Kombinasi Variasi Optimal .....	41
4.4	Analisa Varian, Persen Kontribusi dan Uji F .....	43
4.5	Prediksi Respon Optimal .....	46
4.6	Eksperimen Konfirmasi .....	47
4.7	Pembahasan .....	48
4.7.1	Pengaruh Faktor Kendali Terhadap Persentase Penyusutan .....	48
BAB 5. PENUTUP .....		51
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		52
LAMPIRAN .....		54

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Tipe bentuk butir pasir .....	6
Gambar 2.2 Aliran proses pada pembuatan coran .....	8
Gambar 2.3 Istilah-istilah sistim pengisian .....	10
Gambar 2.4 Beberapa jenis cawan tuang .....	11
Gambar 3.1 Tungku konvensional .....	27
Gambar 3.2 Regulator voltage .....	28
Gambar 3.3 Blower keong .....	28
Gambar 3.4 Bentuk pola spesimen.....	30
Gambar 3.5 (a) diameter <i>riser</i> 20mm, (b) diameter <i>riser</i> 25mm, (c) diameter <i>riser</i> 30mm .....	30
Gambar 3.6 (a) Panjang <i>runner</i> 80mm, (b) panjang <i>runner</i> 90mm, (c) panjang <i>runner</i> 100mm .....	31
Gambar 3.7 (a) Diameter <i>ingate</i> 10mm, (b) Diameter <i>ingate</i> 15mm, (c) Diameter <i>ingate</i> 20mm.....	31
Gambar 4.1 Cacat <i>shrinkage</i> .....	39
Gambar 4.2 Plot nilai persentase cacat <i>shrinkage</i> masing-masing level faktor .....	42

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Kombinasi Perlakuan Desain Faktorial $3^3$ (Sudjana, 1989).....	17
Tabel 2. 2 Matriks Orthogonal $L9(3^3)$ .....	18
Tabel 3. 1 Variabel Bebas .....	28
Tabel 3. 2 Tabel Kode Sampel .....	32
Tabel 3. 3 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh.....	32
Tabel 3. 4 Data Hasil Penyusutan .....	33
Tabel 3. 5 Rencana penelitian .....	37
Tabel 4.1 Hasil uji mekanis cetakan pasir .....	38
Tabel 4.2 Hasil uji XRF aluminium scrap.....	39
Tabel 4.3 Tabel hasil eksperimen .....	40
Tabel 4.4 Data rasio S/N .....	41
Tabel 4.5 Respon rata-rata untuk setiap faktor kendali.....	42
Tabel 4.6 Variasi kombinasi optimal.....	42
Tabel 4.7 Hasil anova faktor kendali fabrikasi pengecoran aluminium.....	44
Tabel 4.8 Kondisi hipotesa $H_0$ .....	45
Tabel 4.9 Persen kontribusi tiap faktor kendali.....	46
Tabel 4.10 Hasil persentase cacat shrinkage eksperimen konfirmasi .....	47
Tabel 4.11 Persen kontribusi tiap faktor kendali.....	48

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengecoran logam memiliki peranan penting didalam perkembangan industri ataupun usaha peleburan logam terutama pengecoran aluminium yang sudah ditemukan pada akhir abad 19. Proses ini banyak digunakan di dunia industri baik industri menengah-bawah maupun menengah-atas. (Hermawan dan Helmy Purwanto, 2013). Produk hasil dari pengecoran logam aluminium yang pertama adalah peralatan rumah tangga serta komponen-komponen dekorasi. Pemakaian aluminium saat ini sudah diarahkan untuk memenuhi kebutuhan spesifikasi dibidang keteknikan.(Tjitro, 2002). Dengan berkembangnya penggunaan aluminium maka akan menimbulkan limbah aluminium, karena itu aluminium bekas perlu didaur ulang. Pemanfaatan aluminium bekas/sekrup untuk didaur ulang sangat diharapkan khususnya untuk industri kecil menengah dengan mempertimbangkan harga yang lebih terjangkau, dan ketersediaan bahan yang melimpah (Budiyono dan Widayat, 2013)..Pada hasil produk pengecoran aluminium sering terdapat beberapa cacat berupa cacat penyusutan, cacat penyusutan yang terjadi dipengaruhi oleh banyak faktor terutama faktor dari sistem saluran masuk yang kurang efektif. (Tjitro, 2002)

Cetakan pasir adalah cetakan yang terbuat dari pasir yang diberi bahan pengikat. Pasir yang paling banyak digunakan adalah pasir silika baik pasir silika dari alam maupun pasir silika buatan dari kwarsit. Bahan pengikat yang paling banyak digunakan adalah bentonit. Pasir merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pembuatan cetakan, karena pasir dapat digunakan untuk logam ferrous dan non ferrous.(Surdia dan Chijiwa, 1996)

Menurut (Sudiby dkk., 2013) dengan mempertimbangkan ukuran saluran masuk (*ingate*), maka akan mengurangiresiko terjadinya cacat penyusutan dan meningkatkan kualitas hasil produk cor pada pengecoranaluminium dengan cetakan

pasir. Dimana digunakan 3 variasi ukuran *ingate* berbentuk lingkaran dengan diameter 50 mm, 100 mm, dan 150 mm. Persentase cacat *shrinkage* tertinggi terjadi pada variasi diameter 50 mm dengan persentase sebesar 2,81%, dan persentase terendah dengan nilai 2,66% pada diameter 150 mm. Sedangkan (Krisnawan dkk., 2012) telah melakukan penelitian tentang cacat penyusutan dengan variabel diameter dan tinggi *riser*. Pengaruh ukuran diameter *riser* dan tinggi *riser* berpengaruh pada hasil coran suatu produk, maka digunakan 3 variasi yang pertama dengan diameter 30 mm dan tinggi 100 mm, kedua dengan diameter 40 mm dan tinggi 56 mm, dan ketiga dengan diameter 50 mm dan tinggi 36 mm. Menghasilkan persentase cacat *shrinkage* terkecil pada diameter 50 mm dan tinggi 36 mm sebesar 7,13%, dan cacat penyusutan terbesar terjadi pada diameter 30 mm dan tinggi 100 mm sebesar 10,25%.

Menurut (Ade Rachman dkk) telah melakukan penelitian tentang cacat porositas menggunakan 3 parameter yaitu jenis pasir, temperatur tuang, dan jumlah *degassing* dengan metode taguchi. Dilakukan beberapa percobaan dimana percobaan ke 4 menghasilkan cacat porositas paling rendah sebesar 1,07% dengan kombinasi jenis pasir pepset, temperatur tuang 1551-1590 °C dan jumlah deoksidasi 0,2%. Hasil perhitungan ANOVA menghasilkan tingkat kepercayaan sebesar 95% terhadap analisis efek rata-rata.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini akan memvariasikan panjang *runner*, diameter *riser* dan *ingate* dengan menggunakan metode pengendalian kualitas taguchi untuk mendapatkan variasi dengan hasil cacat penyusutan paling rendah atau optimal yang menuju pada peningkatan kualitas hasil cor.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan pokok permasalahan untuk menentukan *setting* level yang optimal dari parameter-parameter yang telah ditentukan terhadap nilai cacat *shrinkage* dari produk cor aluminium, sehingga rumusan masalah dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh dimensi panjang *runner*, diameter *riser* serta diameter *ingate* terhadap persentase cacat *shrinkage* yang dihasilkan pada produk pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan pasir ?
- b. Bagaimana menentukan variasi parameter proses yang optimal untuk menghasilkan nilai cacat *shrinkage* yang terkecil pada produk pengecoran aluminium dengan menggunakan perhitungan metode taguchi ?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah

- a. Penelitian ini menganalisa pengaruh parameter diameter *riser*, diameter *ingate*, dan panjang *runner* terhadap cacat *shrinkage*.
- b. Material pengecoran yang digunakan yaitu aluminium scrap.
- c. Metode pengendalian kualitas yang digunakan ialah metode taguchi.
- d. Menggunakan cetakan pasir basah.
- e. Peleburan logam dengan dapur *crucible* konvensional.
- f. Tidak menganalisa struktur mikro hasil pengecoran.
- g. Waktu peleburan dan suhu saat proses peleburan dianggap seragam.

### 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### 1.4.1 Tujuan Penelitian

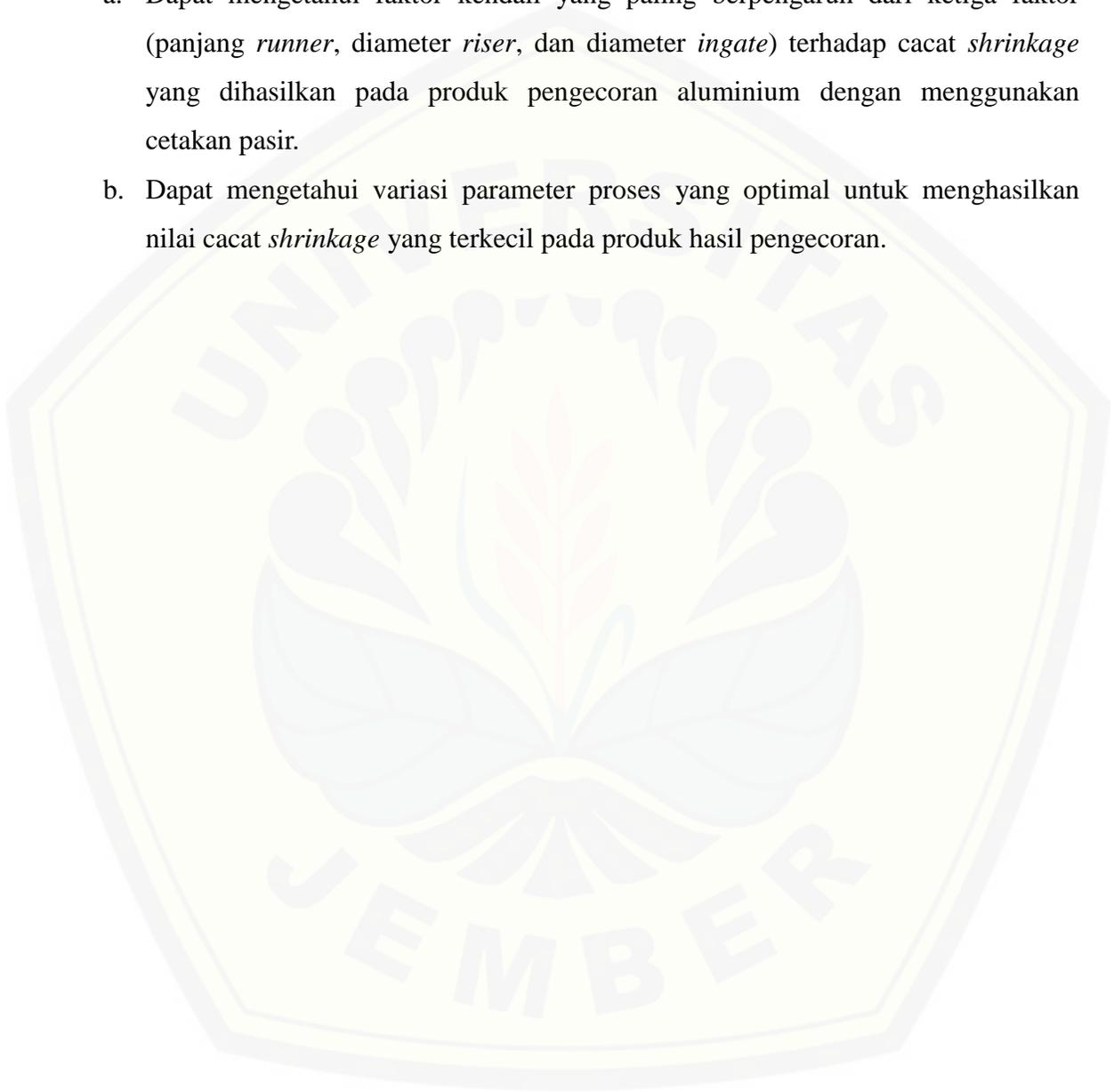
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui faktor kendali yang paling berpengaruh dari ketiga faktor (panjang *runner*, diameter *riser* serta diameter *ingate*) terhadap persentase cacat *shrinkage* yang dihasilkan pada produk pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan pasir.
- b. Mengetahui variasi parameter proses yang optimal untuk menghasilkan persentase cacat *shrinkage* yang terkecil pada produk hasil pengecoran .

#### 1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

- a. Dapat mengetahui faktor kendali yang paling berpengaruh dari ketiga faktor (panjang *runner*, diameter *riser*, dan diameter *ingate*) terhadap cacat *shrinkage* yang dihasilkan pada produk pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan pasir.
- b. Dapat mengetahui variasi parameter proses yang optimal untuk menghasilkan nilai cacat *shrinkage* yang terkecil pada produk hasil pengecoran.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah proses penuangan logam lebur ke dalam cetakan, kemudian mengeras mengikuti bentuk dari cetakan yang telah dibuat. Pengecoran logam dilakukan dengan cara memanaskan logam hingga mencapai titik leburnya di dalam *crucible* konvensional lalu logam yang telah meleleh tersebut dituangkan ke dalam cetakan.

#### 2.1.1 Keuntungan Proses Pengecoran Logam

Dalam pengecoran logam terdapat beberapa keuntungan. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain :

- a. Berbagai metode pengecoran cocok untuk dipakai produksi massal.
- b. Hasil produk coran dari proses pengecoran dapat membentuk geometri akhir produk (*net shape*) sehingga tidak terlalu membutuhkan proses manufaktur tambahan.
- c. Dapat digunakan untuk membuat komponen yang sangat besar lebih dari 100 ton.
- d. Dapat menggunakan berbagai macam jenis logam yang dapat dipanaskan sampai melebur.
- e. Pengecoran dapat membentuk komponen dengan geometri eksternal atau internal yang kompleks.

#### 2.1.2 Kekurangan Proses Pengecoran Logam

Dalam pengecoran logam terdapat beberapa kekurangan. Kekurangan-kekurangan tersebut antara lain:

- a. Keakuratan dimensi *geometric* dan kerataan permukaan yang rendah.
- b. Tingkat bahaya keselamatan kerja pada saat proses peleburan dan penuangan logam

### 2.1.3 Cacat Pengecoran Logam

Cacat pengecoran logam disebabkan beberapa faktor, seperti: temperatur terlalu tinggi atau terlalu rendah, kondisi *desain* atau bentuk benda tuang dimana pembekuan terjadi tidak merata, *suplai* cairan yang kurang karena jangkauan *riser* yang jauh dari benda tuang.(Perdana dkk., 2015). Cacat yang sering terjadi pada produk pengecoran ialah cacat *shrinkage*, rongga susut, rongga udara, porositas dalam dan luar.

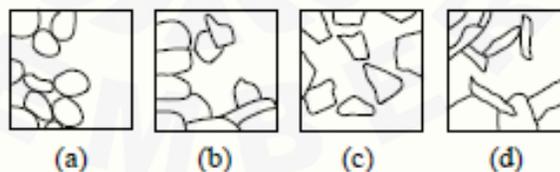
## 2.2 Aluminium

Aluminium merupakan jenis logam penting dalam dunia industri otomotif, dirgantara, rumah tangga, ataupun industri logam lainnya karena memiliki keunggulan yang ringan dan kekuatan yang tinggi.(Santosh dkk., 2017)

Sekrap aluminium adalah aluminium yang telah mengalami penuangan dan sudah dipadukan dengan berbagai macam unsur.(Budiyono dkk., 2010)

## 2.3 Pasir Cetak

Pengecoran logam dengan metode pasir cetak membutuhkan pasir untuk membuat cetakan yang akan mempunyai bentuk rongga cetak yang diinginkan. Demikian juga dengan pembentukan inti cetakan apabila dalam proses pembuatan cetakan benda yang diinginkan membutuhkan inti untuk membuat profil tertentu pada benda yang akan dibuat.



Gambar 2. 1Tipe bentuk butir pasir.(a) butir pasir bulat (b) butir pasir sebagian bersudut (c) butir pasir bersudut (d) butir pasir kristal(Doloksaribu dan Pratomo, 2014)

Pembuatan cetakan dapat dilakukan secara manual, ataupun dengan menggunakan mesin pencetak. Beberapa bentuk penuangan tertentu membutuhkan

inti pada proses penuangannya untuk membentuk profil tertentu yang diinginkan pada produk coran yang sulit dibentuk oleh pasir cetak.

Dalam penelitian ini pasir yang digunakan ialah pasir Lumajang, yang mempunyai daya tahan temperatur maksimal hingga 800° C sehingga cocok untuk digunakan pada pengecoran aluminium yang mempunyai titik lebur sebesar 660° C.

#### **2.4 Syarat-syarat Pasir Cetak**

Didalam proses dan sistem pada pengecoran logam tidak lepas dari cetakan. Cetakan inilah yang dapat mempengaruhi hasil coran seperti nilai kekerasan, kekasaran, dan bentuk logam.

Menurut (Surdia dan Chijiwa, 1996) ada beberapa syarat sifat dari pasir cetak yang digunakan untuk menghasilkan benda tuang yang baik. Sifat-sifat yang memenuhi syarat adalah sebagai berikut :

a. Mempunyai sifat mampu bentuk yang baik

Pasir cetak yang digunakan harus mudah dibentuk sehingga memudahkan untuk proses pembentukan cetakan, baik cetakan yang berukuran besar maupun kecil. Cetakan yang dibuat harus kuat sehingga tidak rusak pada saat akan dipindah-pindah dan cetakan dapat menahan logam cair pada saat dituangkan kedalamnya. Maka kekuatan panas dan temperature ruang kamar sangat diperlukan.

b. Permeabilitas yang cocok

Permeabilitas adalah kemampuan cetakan untuk mengalirkan gas udara dan uap air yang berada didalam cetakan dan mengeluarkannya.

c. Distribusi besar butir yang cocok

Penggunaan butir pasir yang terlalu halus dapat mencegah atau menghambat gas atau uap air keluar dari cetakan dan dapat menimbulkan cacat kekasaran. Tetapi jika butir pasir yang digunakan terlalu kasar maka permukaan coran juga akan kasar. Distribusi besar butir harus cocok mengingat dua syarat tersebut.

d. Tahan terhadap temperature logam tuang

Butir pasir dan pengikat harus mempunyai derajat tahan api tertentu terhadap temperature tinggi pada saat logam cair dituangkan.

e. Komposisi yang cocok

Butir pasir besentuhan dengan logam yang dituangkan mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperature yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam, hal ini sangat tidak dikehendaki.

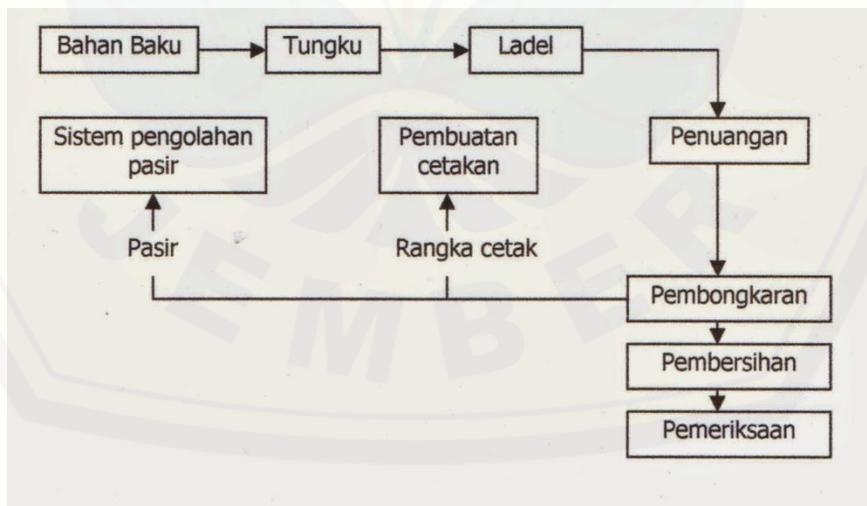
f. Mampu dipakai lagi

Setelah proses pengecoran, cetakan harus dapat dibongkar dan dapat dipakai lagi agar lebih ekonomis.

g. Pasir harus murah

## 2.5 Metode Pembuatan Pengecoran Logam

Pada metode pembuatan pengecoran logam ini terdapat beberapa tahapan pembuatan yaitu pembuatan pola dan inti cetakan, pembuatan cetakan, pembuatan sistem saluran, peleburan, dan penuangan.



Gambar 2. 2 Aliran proses pada pembuatan coran (Surdia dan Chijiwa, 1996)

### 2.5.1 Pola

Pola pada cetakan merupakan salah satu bagian yang penting dalam proses pembuatan pengecoran logam. Penentuan bentuk pola dan pemilihan bahan pola tergantung dengan bentuk yang akan dibuat. Menurut (Surdia dan Chijiwa, 1996) pada permukaan yang tegak pada pola, dimiringkan (diberikan sudut kemiringan  $1-2^\circ$ ) dari permukaan pisah untuk memudahkan pengangkatan pola dari cetakan. Ada beberapa bahan yang dipakai dalam pembuatan pola yaitu resin, logam, dan kayu.

#### a. Resin sintesis

Dari bermacam-macam jenis resin sintesis, hanya resin epoksi yang sering digunakan karena mempunyai sifat penyusutan yang kecil, ketahanan aus yang sangat tinggi, dapat memberikan pengaruh yang baik dengan menambah pengencer.

#### b. Bahan logam

Pada pola logam jenis logam yang digunakan untuk pembuatan pola adalah besi cor, karena memiliki sifat ketahanan panas yang tinggi, tingkat keausan yang rendah. Selain besi cor aluminium juga bisa digunakan sebagai pola karena memiliki sifat yang ringkas dan mudah diolah.

#### c. Bahan kayu

Jenis kayu yang sering dipakai ialah kayu saru, kayu aras, kayu pinus, kayu magoni, kayu jati, dan lain-lain.

### 2.5.2 Pembuatan Cetakan

Pada pembuatan cetakan menurut (Surdia dan Chijiwa, 1996) ada dua macam yaitu pembuatan cetakan dengan tangan dan pembuatan cetakan secara mekanik.

#### a. Pembuatan cetakan dengan tangan

Pembuatan cetakan dengan tangan digunakan pada saat jumlah produksi kecil, bentuk yang sulit dikerjakan dengan mesin cetakan, coran yang besar.

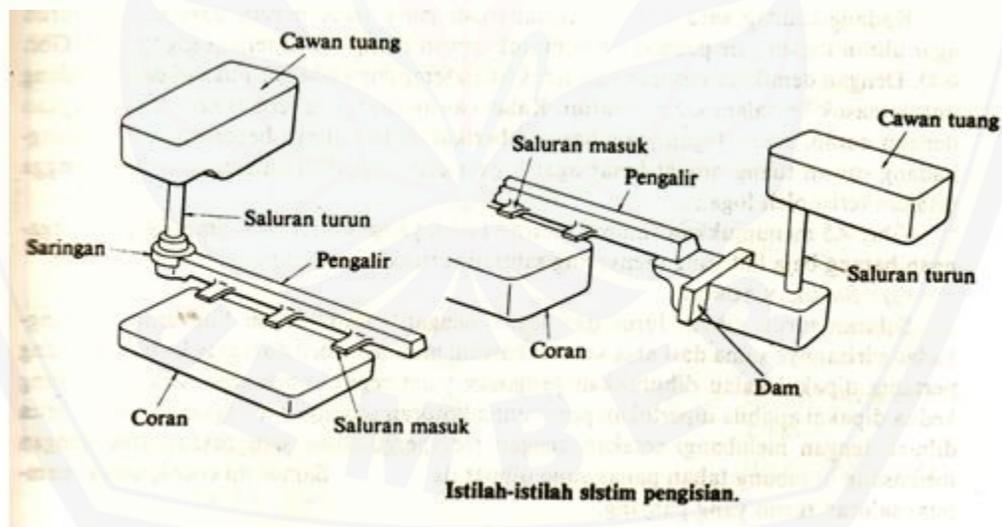
Ada beberapa macam pembuatan cetakan dengan tangan ialah pembuatan cetakan kup dan drag, pembuatan cetakan tanah lat.

b. Pembuatan cetakan secara mekanik

Pembuatan cetakan secara mekanik memberikan keuntungan pada efisiensi waktu dan menjamin cetakan yang baik. Pembuatan cetakan dengan cara ini dipilih karena ukuran, bentuk, berat, jumlah produksi yang banyak, dan sebagainya. Ada beberapa jenis cetakan secara mekanik ialah pembuatan cetakan dengan mesin guncang, pembuatan cetakan dengan mesin pendesak, pembuatan dengan mesin guncang-desak, pembuatan dengan mesin tekanan tinggi, pembuatan dengan mesin desak-tiup, pembuatan cetakan dengan pelempar pasir.

2.5.3 Sistem Saluran

Sistem saluran ialah jalan masuknya logam cair yang dituangkan dari furnace ke dalam cetakan. Didalam sistem saluran terdapat bagian-bagian yang sangat penting dan dapat mempengaruhi hasil cetakan. Bagian-bagian tersebut ialah cawan tuang, saluran turun, pengalir, saluran masuk.

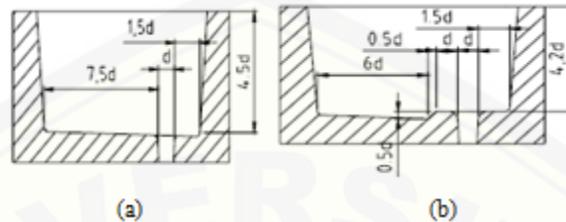


Gambar 2. 3Istilah-istilah sistim pengisian (Surdia dan Chijiwa, 1996)

a. Cawan tuang

Cawan tuang biasanya berbentuk cawan atau seperti corong dengan terdapat saluran turun dibawahnya. Cawan tuang yang digunakan tidak boleh terlalu

dangkal, dan sebaliknya jika terlalu dalam maka akan terlalu banyak sisanya dan menjadi tidak ekonomis.



Gambar 2. 4 Beberapa jenis cawan tuang (a) Offset basin (b) Offset stepped basin (Slamet dan Hidayat, 2016)

b. Saluran turun

Pada sistem saluran, saluran turun dibuat tegak lurus dengan irisan berupa lingkaran. Terkadang ukuran saluran turunnya dibuat sama dari atas ke bawah. Fungsi saluran turun ialah jika membutuhkan pengisian yang cepat dan juga lancer, untuk penahanan kotoran sebanyak mungkin.

c. *Runner*

Pada sistem saluran turun, pengalir mempunyai bentuk mirip dengan trapesium dan ada juga berbentuk setengah lingkaran karena irisan tersebut mudah dibuat pada permukaan yang terpisah, pengalir mempunyai luas permukaan yang terkecil untuk satu luas irisan tertentu, sehingga sangat cocok untuk pendinginan yang lambat. Pengalir pada sistem saluran lebih baik dibuat sebesar mungkin untuk memperlambat pendinginan cairan logam, tetapi jika terlalu besar maka kurang ekonomis.

d. *ingate*

Pada sistem saluran, *ingate* didesain dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan yang terdapat pada irisan *runner*, dengan tujuan untuk mencegah masuknya kotoran kedalam rongga cetak. Bentuk yang digunakan biasanya berupa bujur sangkar, trapesium, segi tiga, atau setengah lingkaran yang membesar ke arah rongga cetakan.

e. *Riser*

*Riser* atau saluran penambah merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi. *Riser* juga dapat berfungsi menyalurkan gas atau udara dari dalam cetakan.

## 2.6 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor, seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi menjadikan produk bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai rancangan kokoh (*robust design*).

Filosofi Taguchi terdiri dari tiga konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
2. Produk harus didesain sehingga kokoh (*robust*) terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk :

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan.
2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan variasi di sekitar target.

Keunggulan dari Metode Taguchi adalah sebagai berikut :

1. Desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk menjelaskan penelitian yang lebih banyak faktor dan jumlah.
2. Desain eksperimen Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Metode Taguchi memiliki kekurangan, yaitu dimana terdapat rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi dan ada pula rancangan yang mengorbankan pengaruh utama dan pengaruh interaksi yang cukup signifikan.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut matriks ortogonal. Matriks standart ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal dan informasi yang banyak untuk faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian penting yaitu dalam pemilihan kombinasi level variabel masing masing eksperimen.

#### 2.6.1 Konsep Metode Taguchi

Metode taguchi digunakan guna untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas dari produk dan proses dalam waktu bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode taguchi berupaya terhadap faktor seperti pelengkapan, material, kondisi-kondisi operasional, dan tenaga kerja manusia. Metode taguchi juga dapat disebut sebagai perancangan kokoh (*robust design*).

Salah satu metode yang digunakan dalam metode taguchi adalah *off-line quality control*. Taguchi mengemukakan bahwa produk yang hanya memenuhi spesifikasi tidak cukup sebagai hasil yang sesuai. Tetapi produk yang memiliki kualitas yang tepat sesuai dengan target adalah yang terbaik. Taguchi mengartikan terdapat 3 konsep yang dapat membuat kualitas dari produk Tangguh (*robust performance*)(Ermawati dan Hartati, 2014)).

1. *Quality robustness*

Kualitas dari produk sebaiknya tidak dimasukkan ke dalam produk tersebut. Produk yang akan dibuat sebaiknya tahan terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikendalikan.

2. *Target Oriented Quality*

Kualitas sebaiknya didapatkan dengan cara meminimalkan penyimpangan (deviasi) dari target.

3. *QualityLoss Fuction*

Biaya sebaiknya diukur dalam nilai penyimpangan dari nilai standar dan kerugiansebaiknya dapat meliputi seluruh system yang ada.

Rekayasa Kualitas merupakan proses pengukuran yang dilakukan selama proses perancangan produk. Metode rekayasa ini diklarifikasikan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Rekayasa Kualitas secara *Off-Process*

Rekayasa ini juga berfungsi sebagai pengendalian, dimana perancangan eksperimennya digunakan untuk mengidentifikasi sumber dari setiap variasi parameter dan menentukan proses yang paling optimal. Metode ini di bagi menjadi 3 tahap, yaitu :

- a. Perancangan Konsep

Gagasan yang dilakukan pada tahap ini dengan cara mengamati hasil produk dari proses sebelumnya.

- b. Perancangan Parameter

Tahapan ini berguna untuk merancang level dari parameter-parameter yang berpengaruh terhadap hasil produk sehingga dapat memperkecil tingkat persentase kegagalan produk.

- c. Perancangan Toleransi

Tahapan ini berfungsi untuk menyeimbangkan biaya dan mutu produk. Tahapan ini dilakukan menggunakan *Orthogonal Array*, fungsi kerugian dan ANOVA (*Analysis Of Varians*).

2. Rekayasa Kualitas secara *On-Process*

Dalam rekayasa ini bertujuan untuk memperkecil biaya produksi, mencegah kerusakan mesin serta meningkatkan kualitas produk secara langsung. Rekayasa ini sering disebut sebagai pengawasan.

### 2.6.2 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan evaluasi terhadap parameter-parameter yang mempengaruhi hasil dari produksi sehingga dapat mengurangi tingkat kegagalan. Tujuan dari desain eksperimen adalah mengurangi tingkat kegagalan pada produk atau proses dari parameter-parameter yang berpengaruh.

Metode taguchi juga dapat diartikan suatu metode pengendalian kualitas yang bertujuan untuk mengurangi biaya produksi dengan proses yang optimal. Filosofi taguchi sendiri dibagi menjadi 3 konsep, diantaranya :

- a. Produk merupakan tujuan akhir dalam proses perancangan.
- b. Produk harus kokoh terhadap faktor yang tidak dapat di kontrol.
- c. Pengukuran kerugian harus secara menyeluruh.

Kelebihan dan kekurangan yang dimiliki dari metode taguchi, diantaranya :

- a. Efektif digunakan pada penelitian yang memiliki banyak variasi.
- b. Hasil produk tetap kokoh terhadap faktor yang tidak terkontrol
- c. Menghasilkan kesimpulan yang optimal dari faktor-faktor yang di kontrol
- d. Sedangkan kekurangan metode taguchi ini adalah struktur perancangan yang kompleks.

Tahapan rancangan pada metode taguchi ada 3, yaitu :

#### A. Tahap Perencanaan

Tahapan ini merupakan tahapan yang terpenting dalam pendekatan menggunakan metode taguchi. Dimana tahapan-tahapannya sebagai berikut :

##### 1. Perumusan Masalah

Penentuan masalah pokok pada penelitian yang akan dilakukan.

##### 2. Tujuan Eksperimen

Penentuan sebab-akibat dari masalah utama yang telah ditentukan.

##### 3. Penentuan Variabel Tak Bebas (Variabel Respon)

Variabel ini adalah Tujuan akhir dari penelitian ini. Dimana variabel respon pada penelitian ini adalah nilai kekuatan dari produk sambungan las baja karbon rendah dan karakteristik kualitas yang dipakai adalah semakin tinggi nilai kekuatan tariknya, itulah yang paling baik atau optimal.

#### 4. Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

Penentuan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan tarik produk sambungan las baja karbon rendah karena tidak semua faktor berpengaruh terhadapnya.

#### 5. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Nilai yang dapat di kontrol disebut faktor kontrol. Sedangkan faktor gangguan adalah semua faktor-faktor yang tak terduga atau tidak dapat di kontrol.

#### 6. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Tahapan ini untuk menentukan jumlah level dan nilai yang digunakan untuk diteliti. Semakin banyak jumlahnya maka semakin baik hasil yang didapatkan.

#### 7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan minimum eksperimen yang harus dilakukan dalam menganalisa faktor yang sudah ditentukan. Rumus derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

$$DK = c (b - 1) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

DK = Derajat Kebebasan

b = Banyak level yang diteliti

c = Banyak faktor yang diteliti

#### 8. Desain Faktorial $3^3$

Dalam penelitian apabila mempunyai 3 faktor yaitu faktor A, B, C dengan masing-masing terdapat 3 level angka, maka kita berada dalam desain eksperimen factorial  $3^3$ . Berikut adalah tabel sel-sel kombinasi untuk desain factorial  $3^3$  :

Tabel 2. 1 Kombinasi Perlakuan Desain Faktorial  $3^3$ (Sudjana, 1989)

Faktor A	Faktor B	Faktor C		
		0	1	2
0	0	$a_0 b_0 c_0$	$a_0 b_0 c_1$	$a_0 b_0 c_2$
	1	$a_0 b_1 c_0$	$a_0 b_1 c_1$	$a_0 b_1 c_2$
	2	$a_0 b_2 c_0$	$a_0 b_2 c_1$	$a_0 b_2 c_2$
1	0	$a_1 b_0 c_0$	$a_1 b_0 c_1$	$a_1 b_0 c_2$
	1	$a_1 b_1 c_0$	$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_1 c_2$
	2	$a_1 b_2 c_0$	$a_1 b_2 c_1$	$a_1 b_2 c_2$
2	0	$a_2 b_0 c_0$	$a_2 b_0 c_1$	$a_2 b_0 c_2$
	1	$a_2 b_1 c_0$	$a_2 b_1 c_1$	$a_2 b_1 c_2$
	2	$a_2 b_2 c_0$	$a_2 b_2 c_1$	$a_2 b_2 c_2$

Dalam tabel di atas, sel pertama untuk faktor A, sel kedua untuk Faktor B, sel ketiga untuk faktor C masing-masing mempunyai 3 level. Untuk sel faktor C terdapat  $a_2 b_1 c_0$  menunjukkan interaksi antara level tertinggi faktor A dengan level menengah faktor B dan level rendah faktor C.

9. Pemilihan Matriks Orthogonal

Penentuan matriks ini berdasarkan jumlah level, faktor dan jumlah baris dari eksperimen yang akan dilakukan serta berpengaruh terhadap nilai dari derajat kebebasan.

$$L_a(b^c) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- L = Rancangan bujur sangkar latin
- a = Banyaknya baris eksperimen yang akan diteliti
- b = Banyaknya variasi level dari faktor yang diteliti
- c = Banyaknya faktor yang akan diteliti

Tabel 2. 2 Matriks Orthogonal L9(3<sup>3</sup>)

Eksperime n	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Pada tabel diatas terdiri dari 3 faktor (A, B dan C) dan 3 level (1, 2 dan 3) dimana kombinasi eksperimenya berjumlah 9 baris.

## B. Tahap Ekperimen

Pada tahap ini dibagi menjadi 2, yaitu :

### 1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan proses pengulangan eksperimen untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi dan mengurangi kesalahan dalam eksperimen. Pada penelitian ini akan dilakukan replikasi atau pengulangan sebanyak 3 kali pada setiap variasinya.

### 2. Randomisasi

Randomisasi merupakan penentuan faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen. Selain faktor yang dapat dikontrol ada juga faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol seperti cuaca, kerusakan alat bantu dll. Hal tersebut akan mempengaruhi hasil dari variabel respon yang sedang diamati. Faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol tersebut diperkecil dengan menyebarkan

pengaruh selama eksperimen melalui randomisasi urutan percobaan. Hal ini bertujuan untuk :

- Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan.
- Memberikan kesempatan yang sama pada setiap unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.
- Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas (independen) satu sama lain.

Jika pengulangan dengan tujuan yang memungkinkan dilakukannya uji signifikan, maka pengacakan bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikan tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

### C. Tahap Analisa

Tahap dimana dilakukan pengambilan dan pengolahan data sesuai dengan eksperimen yang telah dilakukan. Tahapan analisa ini diantaranya :

#### 1. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian adalah teknik analisa secara statistik dengan menguraikan seluruh variasi yang diteliti sehingga dapat membantu dalam mengidentifikasi kontribusi dari tiap faktor. Analisis varian dua arah adalah data eksperimen yang diperoleh dari dua faktor atau lebih menggunakan matrik orthogonal dengan cara menghitung jumlah kuadrat pada masing-masing kolom.

#### 1. Jumlah Kuadrat Faktor A ( $SS_A$ )

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^{K_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$SS_A$  = Jumlah Kuadrat Faktor A (Diameter riser)

$A_i$  = Level ke i dari faktor A

$K_A$  = Jumlah level faktor A

$n_{A_i}$  = Jumlah eksperimen level ke i dari faktor A

$T$  = Jumlah data keseluruhan

$N$  = Jumlah total eksperimen

2. Jumlah Kuadrat Faktor B ( $SS_B$ )

$$SS_B = \left[ \sum_{i=1}^{K_B} \left( \frac{B_i^2}{n_{B_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$SS_B$  = Jumlah Kuadrat Faktor B (Panjang runner)

$B_i$  = Level ke  $i$  dari faktor B

$K_B$  = Jumlah level faktor B

$n_{B_i}$  = Jumlah eksperimen level ke  $i$  dari faktor B

$N$  = Jumlah total eksperimen

3. Jumlah Kuadrat Faktor C ( $SS_C$ )

$$SS_C = \left[ \sum_{i=1}^{K_C} \left( \frac{C_i^2}{n_{C_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$SS_C$  = Jumlah Kuadrat Faktor C (Diameter ingate)

$C_i$  = Level ke  $i$  dari faktor C

$K_C$  = Jumlah level faktor C

$n_{C_i}$  = Jumlah eksperimen level ke  $i$  dari faktor C

$T$  = Jumlah data keseluruhan

$N$  = Jumlah total eksperimen

4. Rata-rata Kuadrat Faktor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{DK_A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$MS_A$  = Rata-rata kuadrat faktor A

$SS_A$  = Jumlah kuadrat faktor A

$DK_A$  = Derajat Kebebasan faktor A

## 5. Rata-rata Kuadrat Faktor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{DK_B} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$MS_B$  = Rata-rata kuadrat faktor B

$SS_B$  = Jumlah kuadrat faktor B

$DK_B$  = Derajat Kebebasan faktor B

## 6. Rata-rata Kuadrat Faktor C

$$MS_C = \frac{SS_C}{DK_C} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$MS_C$  = Rata-rata kuadrat faktor C

$SS_C$  = Jumlah kuadrat faktor C

$DK_C$  = Derajat Kebebasan faktor C

7. Jumlah Kuadrat Total ( $SS_T$ )

$$SS_T = \sum_{i=1}^N Y_i^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$SS_T$  = Jumlah kuadrat total

$N$  = Jumlah total eksperimen

$Y$  = Rata-rata data yang diperoleh dari eksperimen ke  $i$

8. Jumlah kuadrat karena rata –rata ( $SS_m$ )

$$SS_m = N \cdot Y'^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$SS_m$  = Jumlah kuadrat karena rata-rata

$N$  = Jumlah total eksperimen

$Y'$  = rata rata total dari seluruh eksperimen

9. Jumlah Kuadrat Error ( $SS_e$ )

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C \dots\dots\dots(2.11)$$

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}}$$

Dimana :

$SS_{\text{faktor}}$  = Jumlah kuadrat seluruh faktor

$SS_e$  = Jumlah kuadrat error

## 2. Uji Hipotesa F

Uji hipotesa F bertujuan untuk membuktikan seberapa besar pengaruh dari parameter yang telah ditentukan. Dimana pada analisis varian tidak dijelaskan. Uji hipotesa F membuktikan dengan cara membandingkan variansi dari tiap faktor dan variansi error.

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{Variansi karena perlakuan} + \text{Variansi karena error}}{\text{variansi karena error}}$$

Nilai  $F_{\text{sumber}}$  yang diperoleh dibandingkan dengan nilai  $F_{\text{tabel}}$  pada harga  $\alpha$  tertentu dengan derajat kebebasan  $[(k-1).(N-k)]$ . Dimana k adalah jumlah level dari faktor sedangkan N adalah jumlah total eksperimen.

$H_0$  : Tidak ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$ ).

$H_1$  : Ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan, setidaknya ada  $\mu_i$  yang tidak sama.

Disaat  $F_{\text{hitung}}$  lebih kecil dari  $F_{\text{sumber}}$  maka  $H_0$  diterima (tidak ada pengaruh dari variasi penelitian yang dilakukan). Sedangkan, apabila terjadi kebalikannya maka  $H_0$  ditolak (ada pengaruh dari variasi penelitian yang dilakukan).

## 3. Rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kekurangan kontribusi pada suatu respon serta mengetahui faktor level mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Tipe karakteristik kualitas pada rasio S/N sebagai berikut :

### 1. *Smaller is Better* (Semakin kecil Semakin baik)

Memiliki batas nilai 0 dan tidak negatif serta nilai yang mendekati 0 adalah yang terbaik. Contohnya pada kekasaran permukaan, keausan alat dan jumlah cacat.

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^r Y_i^2\right) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- n = Jumlah pengulangan atau replikasi
- r = Jumlah data
- Y<sub>i</sub> = Data variabel respon

2. *Nominal is the best* (tertuju pada nilai tertentu)

Nilai yang terbaik diambil dari nilai yang mendekati rentang target. contohnya pada voltage

$$S/N = -10\log V_e \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S/N = -10\log\left(\frac{V_m - V_e}{nV_e}\right)$$

3. *Larger is better* (Semakin besar Semakin baik)

Nilai yang diinginkan adalah nilai yang semakin besar. Contohnya pada kekuatan mekanis dari suatu spesimen.

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2}\right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- n = Jumlah pengulangan atau replikasi
- r = Jumlah data
- Y<sub>i</sub> = Data variabel respon

4. Interpretasi hasil eksperimen

Interpretasi yang dilakukan untuk menganalisa hasil eksperimen menggunakan analisis varians. Interpretasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persen Kontribusi

Porsi tiap-tiap faktor terhadap total variansi yang diteliti yang merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS) dari masing-masing faktor yang signifikan. Alat ini digunakan untuk mengindikasikan seberapa besar pengaruh dari tiap faktor. Jika

persentase kontribusi residual (<15%) maka tidak ada faktor kendali yang terabaikan, sedangkan jika persentase kontribusi residual (>15%) maka terdapat faktor kendali yang berpengaruh terabaikan sehingga residual terlalu besar (Soejanto, 2009).

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\% \qquad SS'_A = SS_A - MS_e(DK_A) \dots\dots(2.15)$$

$$\rho_B = \frac{SS'_B}{SS_T} \times 100\% \qquad SS'_B = SS_B - MS_e(DK_B) \dots\dots(2.16)$$

$$\rho_C = \frac{SS'_C}{SS_T} \times 100\% \qquad SS'_C = SS_C - MS_e(DK_C) \dots\dots(2.17)$$

Dimana :

- $\rho$  = Persen kontribusi
- $\rho_A$  = Persen kontribusi pada faktor A
- $\rho_B$  = Persen kontribusi pada faktor B
- $\rho_C$  = Persen kontribusi pada faktor C
- $SS_A$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor A
- $SS_B$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor B
- $SS_C$  = Jumlah kuadrat deviasi pada faktor C
- $SS'_A$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor A
- $SS'_B$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor B
- $SS'_C$  = Jumlah kuadrat sesungguhnya pada faktor C

2. Interval Kepercayaan (CI)

Pada metode taguchi, Interval kepercayaan dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Interval Kepercayaan untuk Level Faktor (CI<sub>1</sub>)

$$CI_1 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;Ve}MS_e}{n}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\mu_{ik} = \bar{i}_k \pm CI_1$$

$$\bar{i}_k - CI_1 \leq \mu_{ik} \leq \bar{i}_k + CI_1$$

Dimana :

$F_{\alpha;1;Ve}$  = Rasio F

- $\alpha$  = Resiko  
 $V_1$  = 1  
 $V_e$  = Derajat kebebasan *error*  
 $MS_e$  = Rata-rata kuadrat *error*  
 $n$  = Jumlah yang diuji pada kondisi tertentu  
 $\mu_{Ak}$  = Dugaan rata-rata faktor  $i$  pada level ke  $k$   
 $\bar{i}_k$  = Rata-rata faktor  $i$  pada level  $k$   
 $k$  = Level faktor (1,2,...)

b. Interval Kepercayaan pada Kondisi Perlakuan yang diprediksi ( $CI_2$ )

$$CI_2 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;V_e}MS_e}{n_{eff}}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$n_{eff} = \frac{N}{1 + (\text{Jumlah DK yang berhubungan dengan faktor } i)}$$

Dimana :

- $N$  = Jumlah total eksperimen  
 $n_{eff}$  = Jumlah pengulangan efektif

c. Interval Kepercayaan untuk Memprediksi Eksperimen Konfirmasi ( $CI_3$ )

Interval kepercayaan ini digunakan untuk pembuktian dari level faktor optimal yang sudah didapatkan.

$$CI_3 = \sqrt{F_{\alpha;1;V_e}MS_e \left[ \left( \frac{1}{n_{eff}} \right) + \left( \frac{1}{r} \right) \right]} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

- $r$  = Jumlah sampel pada percobaan konfirmasi dan  $r \neq 0$   
 $V_2$  = Derajat bebas varian kesalahan *pooling*

### 2.6.3 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen ini dilakukan dengan melakukan pengujian menggunakan kombinasi parameter hasil dengan ukuran sampel lebih besar dari eksperimen sebelumnya. Tujuan dari eksperimen konfirmasi untuk melakukan validasi terhadap

hasil kesimpulan yang diperoleh dari tahap analisa data. Eksperimen konfirmasi juga bertujuan melakukan pengujian kombinasi faktor dan level yang digunakan pada penelitian. Langkah-langkah eksperimen konfirmasi sebagai berikut :

- a. Menghasilkan kombinasi yang optimal dari level parameter yang telah diuji dan terjadi interaksi yang signifikan.
- b. Menentukan level parameter yang terjadi tidak signifikan.
- c. Menghitung perkiraan rata-rata dan deviasi standart dari level parameter dan interaksi yang signifikan.
- d. Menentukan ukuran sampel untuk eksperimen konfirmasi.
- e. Menghitung nilai interval kepercayaan.
- f. Menghitung interval kepercayaan disekitar estimasi nilai rata-rata.
- g. Melakukan pengujian.
- h. Membandingkan hasil rata-rata eksperimen konfirmasi dengan hasil rata-rata eksperimen yang sebenarnya.
- i. Menentukan kesimpulan.

## 2.7 Hipotesis

Dengan semakin besar diameter *riser* maka *casting modulus* akan semakin besar dan laju pembekuan pada *riser* semakin lama sehingga mempengaruhi cacat penyusutan pada produk cor. Untuk parameter panjang *runner* pada sistim saluran mempengaruhi besar kecilnya persentase penyusutan pada coran, semakin panjang *runner* maka cacat penyusutan akan semakin kecil. Semakin besarnya diameter *ingate* maka aliran logam cair kedalam cetakan produk semakin cepat dan *casting modulus* semakin besar sehingga dapat berpengaruh pada cacat penyusutan produk. Dengan menggunakan metode taguchi maka akan didapatkan variasi parameter yang menghasilkan produk pengecoran dengan persentase cacat penyusutan yang terkecil(optimal).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode percobaan yang digunakan untuk menganalisis laju pengisian pada proses pembuatan produk coran dengan variasi panjang *runner*, diameter *riser*, dan diameter *ingate* untuk mencari cacat penyusutan yang rendah dengan metode pengendalian kualitas taguchi serta melakukan eksperimen konfirmasi sebagai klarifikasi hasil pengecoran.

### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember.

### 3.3 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.3.1 Bahan

- a. Pasir Lumajang
- b. Aluminium Scrap
- c. Kayu

#### 3.3.2 Alat

- a. Tungku peleburan (*furnice*)



Gambar 3. 1Tungku konvensional

b. *Regulator Voltage*

Gambar 3. 2Regulator voltage

c. *Blower keong*

Gambar 3. 3Blower keong

## d. Sendok pengaduk

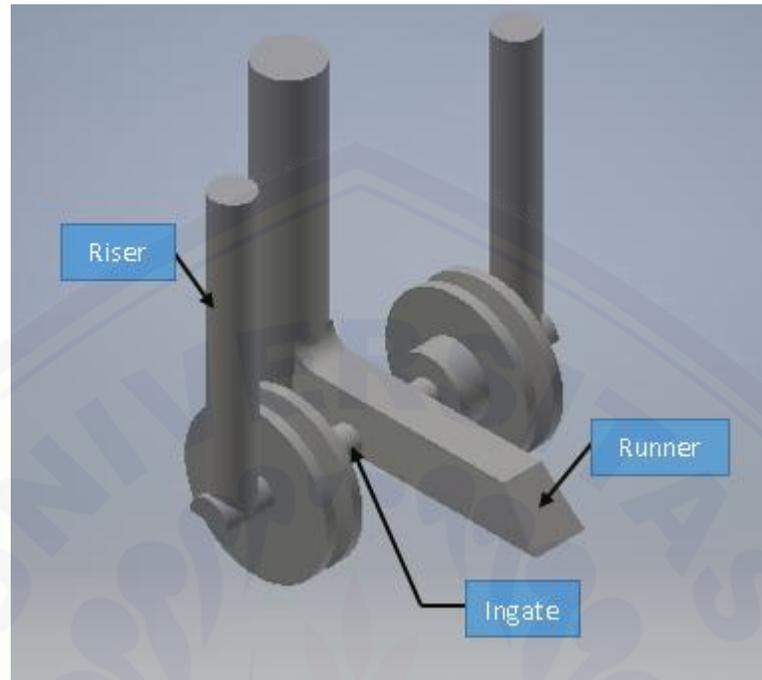
**3.4 Varabel Penelitian**

## 3.4.1 Variabel Bebas

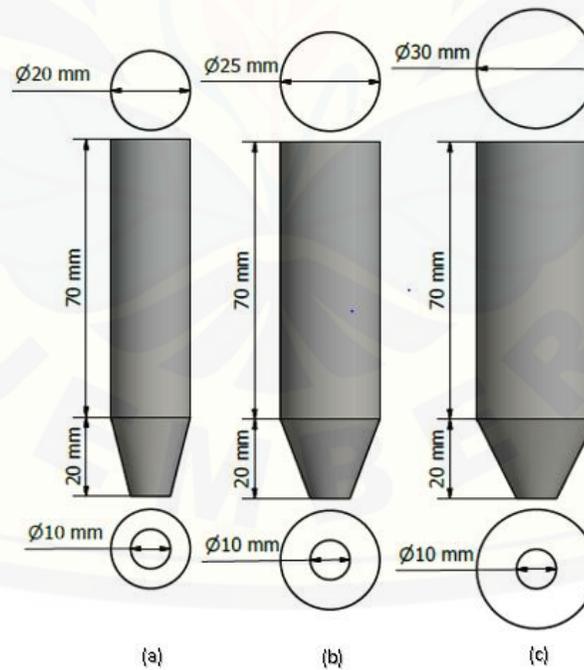
Variabel bebas adalah suatu variabel yang bebas yang telah ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel yang bebas digunakan adalah variasi diameter riser, panjang runner, dan diameter ingate yang digunakan dalam proses pembuatan produk coran.

Tabel 3. 1 Variabel Bebas

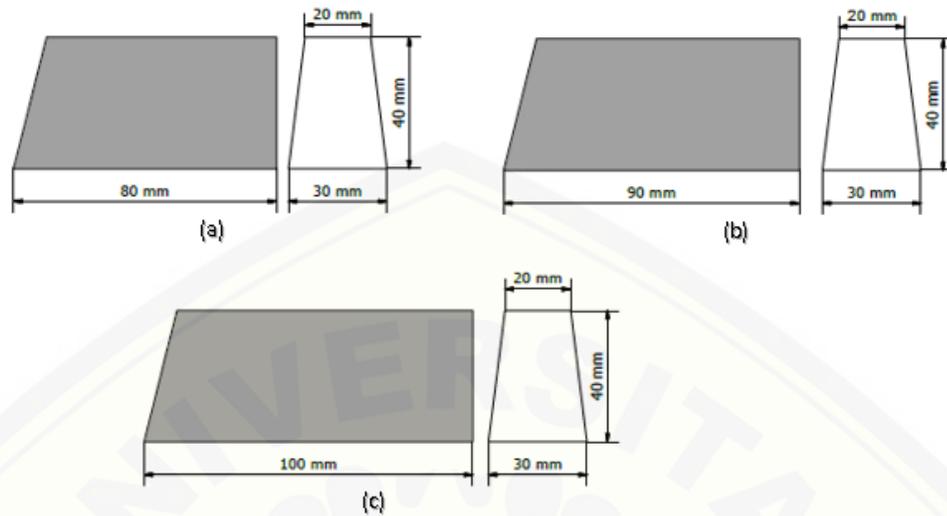
Kode	Faktor	Level 1(mm)	Level 2 (mm)	Level 3 (mm)
A	Diameter <i>riser</i>	20	25	30
B	Panjang <i>runner</i>	80	90	100
C	Diameter <i>ingate</i>	10	15	20



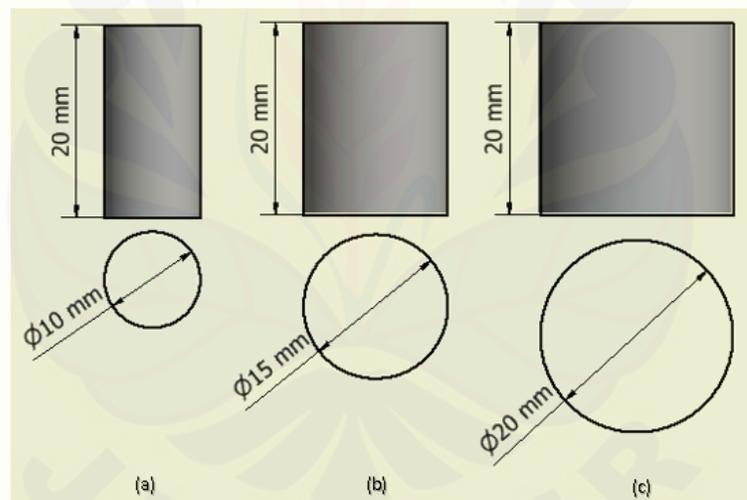
Gambar 3.4 Bentuk pola spesimen



Gambar 3.5 (a).Diameter riser 20mm, (b). Diameter riser 25mm, (c). Diameter riser 30mm



Gambar 3.6 (a). Panjang runner 80mm, (b).Panjang runner 90mm, (c).Panjang runner 100mm



Gambar 3.7 (a). Diameter *ingate* 10mm, (b). Diameter *ingate* 15mm, (c).Diameter *ingate* 20mm

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ialah persentase cacat penyusutan produk dari proses pengecoran.

$$S = \frac{(V_{cetakan} - V_{produk})}{V_{cetakan}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana : S = Persentase penyusutan

Vcetakan = Volume cetakan

Vproduk = Volume produk

### 3.4.3 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang tidak divariasikan, variabel tetap dalam penelitian ini adalah komposisi pasir cetak dimana 75% silica, 20% bentonit, dan ditambahkan 5% air dari jumlah total pasir dan bentonit, serta temperature tuang 700°C, ukuran butir pasir 30 mesh.

## 3.5 Metode Penelitian

### 3.5.1 Tahapan penelitian pada produksi pengecoran logam :

- a. Pembuatan pola dari resin sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan.
- b. Membuat cetakan pasir dengan komposisi 75% pasir, 20% bentonite, dan 5% air.
- c. Membentuk rongga cetakan dengan pola yang sudah dibuat.
- d. Membuat saluran masuk yang sudah ditentukan pada variabel tetap.
- e. Memvariasikan variabel bebas pada saluran cetakan.
- f. Temperatur penuangan 700°C.
- g. Melakukan pengambilan data, metode pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *Orthogonal Array* (OA) Taguchi.
- h. Pengambilan data pada tiap sampel sebanyak 3 kali pengulangan.
- i. Dilakukan pemeriksaan kualitas pada setiap hasil percobaan.

Tabel 3. 2 Tabel Kode Sampel

No	Faktor Kendali		
	Level A	Level B	Level C
1	20	80	10
2	20	90	15
3	20	100	20
4	25	80	15
5	25	90	20
6	25	100	10
7	30	80	20
8	30	90	10
9	30	100	15

### 3.6 Pengambilan Data

Jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak 4 buah serta tiap percobaan dilakukan 3 kali pengulangan.

Tabel 3. 3 Hasil Analisis Varians dan Kontribusi Parameter Berpengaruh

Sumber Variasi	Df	SS	MS	F <sub>hitung</sub>	Persen Kontribusi (%)
Diameter Riser	V <sub>A</sub>	SS <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub> / MS <sub>E</sub>	SS' <sub>A</sub> / SS <sub>T</sub>
Panjang Runner	V <sub>B</sub>	SS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> / MS <sub>E</sub>	SS' <sub>B</sub> / SS <sub>T</sub>
Diameter Ingate	V <sub>C</sub>	SS <sub>C</sub>	MS <sub>C</sub>	MS <sub>C</sub> / MS <sub>E</sub>	SS' <sub>C</sub> / SS <sub>T</sub>
Residual	V <sub>E</sub>	SS <sub>E</sub>	MS <sub>E</sub>		SS' <sub>E</sub> / SS <sub>T</sub>
<b>Total</b>	V <sub>T</sub>	SS <sub>T</sub>	MS <sub>T</sub>		100%

Tabel 3. 4Data Hasil Penyusutan

	Faktor Kendali			Replikasi	Hasil penyusutan	Rata-rata
	A	B	C			
<b>1</b>	1	1	1	I	II	III
<b>2</b>	1	2	2	I	II	III
<b>3</b>	1	3	3	I	II	III
<b>4</b>	2	1	2	I	II	III
<b>5</b>	2	2	3	I	II	III
<b>6</b>	2	3	1	I	II	III
<b>7</b>	3	1	3	I	II	III
<b>8</b>	3	2	1	I	II	III
<b>9</b>	3	3	2	I	II	III
<b>Rata-rata</b>						

### 3.7 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan beberapa metode, diantaranya :

#### 1. Studi Literatur

Jurnal atau penelitian sebelumnya digunakan sebagai standard produk lolos atau reject. Lolos atau reject-nya ditentukan dari persentase cacat penyusutan yang dihasilkan.

#### 2. Pengambilan Data

Data diambil dari orthogonal array L9(3<sup>3</sup>) yang sudah dibuat.

#### 3. Menganalisa data yang diperoleh menggunakan perhitungan :

- a) ANOVA (Analysis of Variant)
- b) Uji F
- c) Strategi *Pooling Up*
- d) Rasio S/N

#### 4. Interpretasi Hasil Eksperimen

- a) Persen Kontribusi
- b) Interval Kepercayaan

#### 5. Eksperimen Konfirmasi

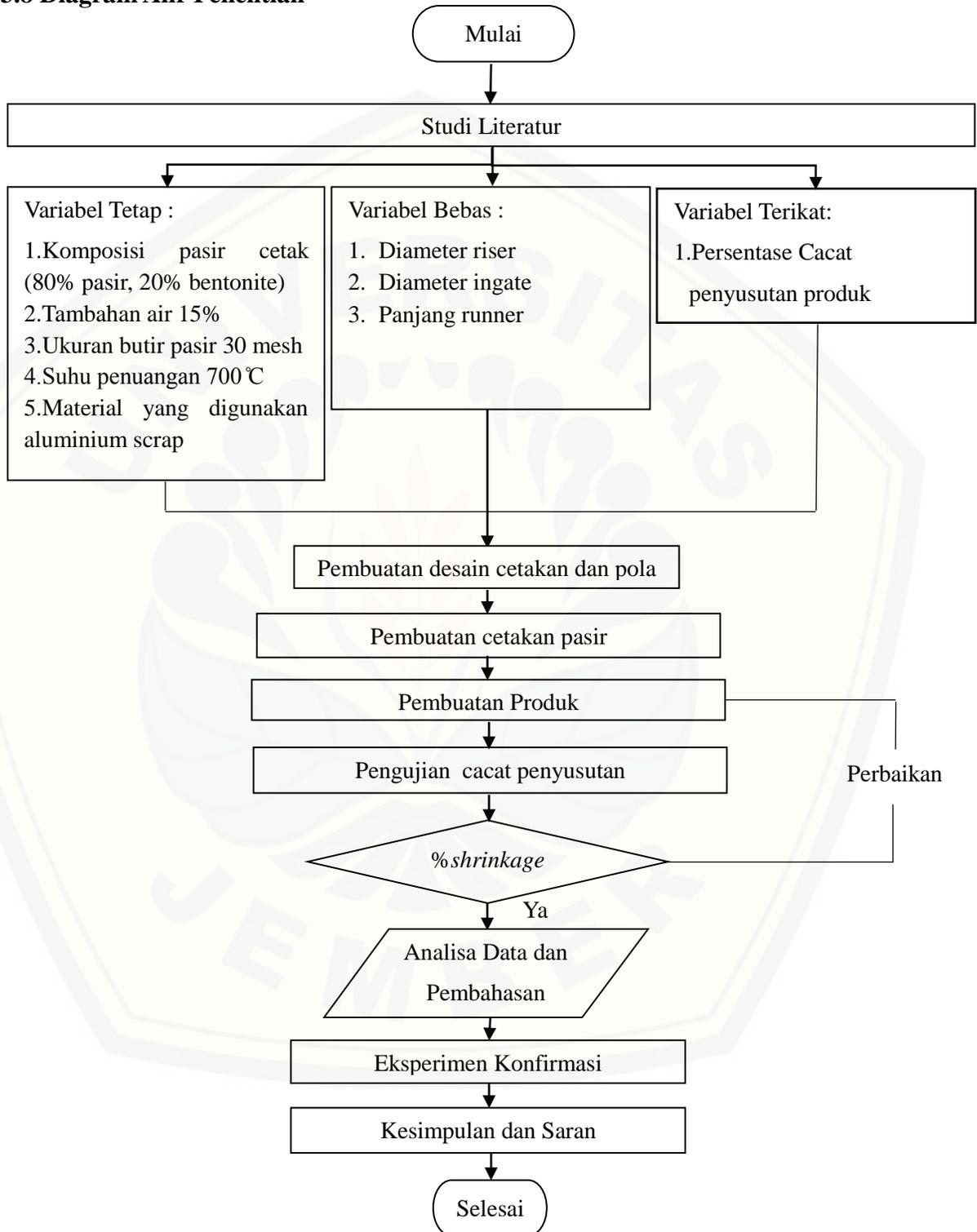
Nilai  $F_{hitung}$  yang lebih besar daripada  $F_{tabel}$  menunjukkan bahwa faktor-faktor yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat penyusutan. Dimana pada penelitian ini menggunakan taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 5%. Hipotesa awal ( $H_0$ ) dan Hipotesa alternatif ( $H_1$ ) yang digunakan sebagai uji hipotesis menggunakan distribusi F :

Parameter proses fabrikasi hand lay up

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

## 3.8 Diagram Alir Penelitian



Tabel 3. 5 Rencana penelitian

No	Kegiatan	Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■																			
2	Pembuatan proposal	■	■	■	■	■																			
3	Pra-riset					■	■	■	■	■	■	■	■												
4	Riset													■	■	■	■	■	■	■	■				
5	Pengujian																	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Pengolahan Data																					■	■	■	■
7	Dokumentasi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Laporan																						■	■	■



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil analisa menggunakan metode taguchi mengenai optimasi proses fabrikasi pengecoran logam didapatkan kesimpulan bahwa:

- a. Faktor kendali yang paling berpengaruh terhadap persentase cacat penyusutan pada proses fabrikasi pengecoran logam adalah diameter *riser* sebesar 53,72 %, setelah itu diameter *ingate* sebesar 35,85%. Sedangkan panjang *runner* tidak berpengaruh besar dan hanya menghasilkan persentase sebesar 7,82%.
- b. Variasi parameter yang optimal diperoleh dengan menggunakan variasi diameter *riser* ukuran 30mm, panjang *runner* 80mm, dan diameter *ingate* ukuran 20mm meghasilkan persentase cacat *shrinkage* sebesar 5,47%.

### 5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu diteliti juga faktor-faktor lainnya yang masih belum digunakan serta menambah variasi respon lebih banyak lagi agar didapatkan hasil yang lebih baik lagi

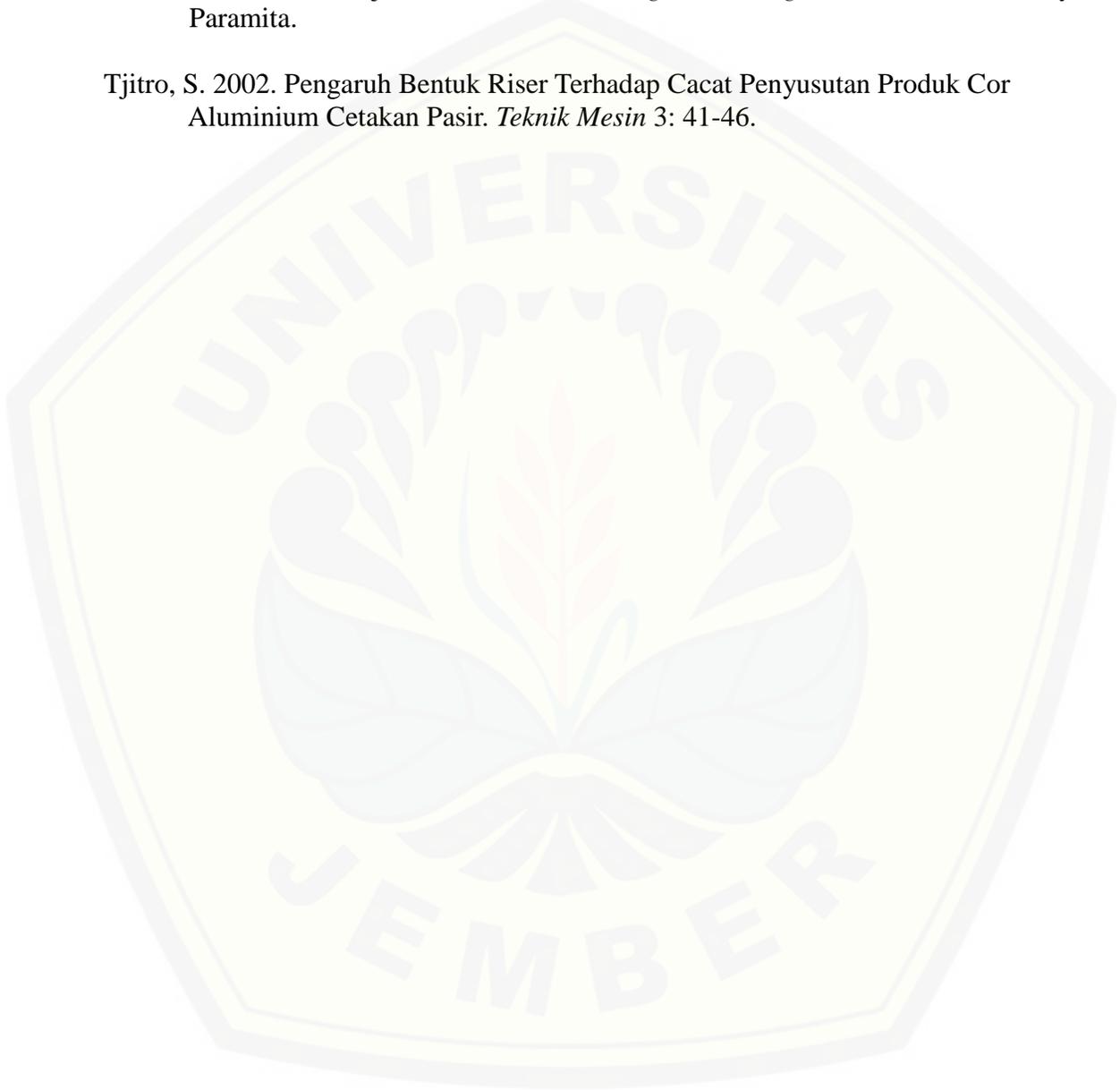
**DAFTAR PUSTAKA**

- Budiyono, A., dan W. Widayat. 2013. Pemanfaatan Aluminium Skrap Sebagai Bahan Baku Industri Kecil Pengecoran Logam Non Ferro Melalui Perlakuan Pada Logam Cair (Solution Treatment) Dengan Rotary Degasser. *sainteknol* 11: 21-34.
- Budiyono, A., W. Widayat, dan Rusiyanto. 2010. Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium Dengan Degassing. *Profesional* 8: 13-21.
- Doloksaribu, M., dan S. B. Pratomo. 2014. Variasi Jenis dan Metode Pembuatan Cetakan Pasir Terhadap Cacat Penyinteran Untuk Produk Housing dan Frame. *METAL INDONESIA* 36: 43-50.
- Ermawati, dan Hartati. 2014. Aplikasi Metode Taguchi Dalam Pengendalian Kualitas Produksi. *Teknosains* 8: 185-194.
- Hermawan, P. S., dan S. M. B. R. Helmy Purwanto. 2013. Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem Dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang. *Momentum* 9: 10-15.
- Krisnawan, I. H., B. Kusharjanta, dan W. P. Raharjo. 2012. Pengaruh Ukuran Riser Terhadap Cacat Penyusutan Dan Cacat Porositas Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir. *Mekanik* 10: 125-130.
- Perdana, D., E. Gunawan, dan M. M. 3. 2015. Modifikasi Gating System Untuk Mengatasi Cacat Shrinkage Pada Bagian Groove Pada Produk Pump Casing F-60 Dengan Material Aisi 304. *Prosiding*: 1-5.
- Santosh, S. K. R, dan K. A. S. 2017. Mechanical Characterization and Microstructure analysis of Al C355.0 by Sand Casting, Die Casting and Centrifugal Casting Techniques. *proceedings* 4: 10987–10993.
- Slamet, S., dan T. Hidayat. 2016. Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cor Logam. *Prosiding*: 80-85.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sudiby, A., B. Kusharjanta, dan W. P. Raharjo. 2013. Pengaruh Penampang Ingate Terhadap Cacat Porositas Dan Nilai Kekerasan Pada Proses Pengecoran Aluminium Menggunakan Cetakan Pasir. *Mekanika* 12: 53-56.

Sudjana. 1989. *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi 3*. Bandung: TARSITO.

Surdia, T., dan K. Chijiwa. 1996. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.

Tjitro, S. 2002. Pengaruh Bentuk Riser Terhadap Cacat Penyusutan Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir. *Teknik Mesin* 3: 41-46.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data uji XRF pasir Lumajang

a. Laporan hasil uji



UNIVERSITAS NEGERI MALANG  
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
**LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)**  
Jalan Sekeloa 5, Malang 65143  
 Telp. 0341-551312 (paw 300) 574995-082106801088  
 E-mail : [labcentral@ppcentral.um.ac.id](mailto:labcentral@ppcentral.um.ac.id)  
 Website : [central.laboratory.um.ac.id](http://central.laboratory.um.ac.id)

**LAPORAN HASIL UJI**  
**LSUM.LHU.E.00361.2019**

Customers	: M. Hafizh Khoiruddin – Universitas Jember																																
Contact Customer	: 087852056745/ email : hafizhkhairuddin30@gmail.com																																
Methods	: IKM.E.1																																
Test Equipment	: XRF																																
Measurement time	: Maret 27, 2019																																
Order Number	: LHU.P.00305.2019																																
<b>SPECIMEN DESCRIPTION</b>																																	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip																																
Sample Code	: E 363																																
Material Name	: Pasir Lumajang																																
Received Date	: Maret 21, 2019																																
<b>OPERATOR, ANALYZER &amp; SUPERVISOR</b>																																	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																																
Supervisor	: Nandang Mufli, S.Si, M.T, Ph.D																																
<b>RESULTS</b>																																	
Remark	:																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Al</td></tr> <tr><td>2</td><td>Si</td></tr> <tr><td>3</td><td>K</td></tr> <tr><td>4</td><td>Ca</td></tr> <tr><td>5</td><td>Ti</td></tr> <tr><td>6</td><td>V</td></tr> <tr><td>7</td><td>Cr</td></tr> <tr><td>8</td><td>Mn</td></tr> <tr><td>9</td><td>Fe</td></tr> <tr><td>10</td><td>Cu</td></tr> <tr><td>11</td><td>Zn</td></tr> <tr><td>12</td><td>Sr</td></tr> <tr><td>13</td><td>Ba</td></tr> <tr><td>14</td><td>Eu</td></tr> <tr><td>15</td><td>Re</td></tr> </tbody> </table>	No.	Compound	1	Al	2	Si	3	K	4	Ca	5	Ti	6	V	7	Cr	8	Mn	9	Fe	10	Cu	11	Zn	12	Sr	13	Ba	14	Eu	15	Re
No.	Compound																																
1	Al																																
2	Si																																
3	K																																
4	Ca																																
5	Ti																																
6	V																																
7	Cr																																
8	Mn																																
9	Fe																																
10	Cu																																
11	Zn																																
12	Sr																																
13	Ba																																
14	Eu																																
15	Re																																

\*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Mengetahui,  
Manajer Teknis

*Sij*

Dra. Surjani Wonoraharjo, Ph.D.  
NIP.196605281991032001

Malang, 28 Maret 2019  
Menyetujui  
s.d Dekan  
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

*NM*

Nandang Mufli, S.Si, M.T, Ph.D  
NIP. 197208152005011001

b. Kandungan pasir Lumajang hasil uji XRF

27 mrt 2019 09:55:08 **Sample results** Page 1

<b>Sample ident</b>													
<b>E 363</b>													
Application <Standardless>													
Sequence 1 of 1													
Measurement time 27-mrt-2019 08:46:05													
Position 4													

Compound	Al	Si	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	Eu
Conc	7,7	22,9	2,16	20,0	2,02	0,12	0,080	0,76	41,6	0,23	0,04	1,2	0,2	0,5
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Re
Conc	0,48
Unit	%

Lampiran 2 Hasil uji mekanis pasir cetak

**LABORATORIUM PENGECORAN LOGAM**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
 Jl. MT Haryono 167 Malang Telp. (0341) 551611 – 551430 Pes.157 Malang 65145

**Data Hasil Pengujian**

Nama Pelanggan : M. Hafizh Khoirudin  
 Nim Pelanggan : 151910101102  
 Instansi Pelanggan : Universitas Jember  
 Jenis Pengujian : Pengujian Kekuatan ; Pengujian Permeabilitas  
 Spesimen 1 : Kadar Bentonit 20%  
 Kadar Air 5 %

No	Kekuatan Tekan (N/cm <sup>2</sup> )		Kekuatan Geser (N/cm <sup>2</sup> )		Kekuatan Tarik (N/cm <sup>2</sup> )		Pengujian Permeabilitas	
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah	Permeabilitas (ml/menit)	Tekanan (mmka)
1	-	3,7	-	2,5	-	1,1	130	53
2	-	3,7	-	2,5	-	1,1	-	-
3	-	3,6	-	2,5	-	1,1	-	-

Malang, 29 April 2019  
 Kepala Lab. Pengecoran Logam  
  
**Rudianto Raharjo, ST., MT.**  
 NIP. 19820225 201212 1 002

Lampiran 3. Hasil uji XRF Aluminium scrap velg

 UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)																																	
Telp. 0341-211132 (paw. 200) 274895- 08250601088 E-mail : labmat@unesma.ac.id/labmat@unesma.ac.id Website : central.laborator@unesma.ac.id																																	
<b>LAPORAN HASIL UJI</b>																																	
<b>LSUM.LHU.E.00442.2019</b>																																	
Customers	: Indra Setiawan – Universitas Jember																																
Contact Customer	: 081233219994 / email: -																																
Methods	: IKM.E.1																																
Test Equipment	: XRF																																
Measurement time	: April 18, 2019																																
Order Number	: LHU.P.00414.2019																																
<b>SPECIMEN DESCRIPTION</b>																																	
Condition of Samples	: Logam																																
Sample Code	: E 445																																
Material Name	: Sampel indra setiawan																																
Received Date	: April 12, 2019																																
<b>OPERATOR, ANALYZER &amp; SUPERVISOR</b>																																	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																																
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																																
<b>RESULTS</b>																																	
Remsek	:																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Al</td></tr> <tr><td>2</td><td>Si</td></tr> <tr><td>3</td><td>P</td></tr> <tr><td>4</td><td>Ca</td></tr> <tr><td>5</td><td>Ti</td></tr> <tr><td>6</td><td>V</td></tr> <tr><td>7</td><td>Cr</td></tr> <tr><td>8</td><td>Fe</td></tr> <tr><td>9</td><td>Ni</td></tr> <tr><td>10</td><td>Cu</td></tr> <tr><td>11</td><td>Zn</td></tr> <tr><td>12</td><td>Ga</td></tr> <tr><td>13</td><td>Gd</td></tr> <tr><td>14</td><td>Yb</td></tr> <tr><td>15</td><td>Re</td></tr> </tbody> </table>	No.	Compound	1	Al	2	Si	3	P	4	Ca	5	Ti	6	V	7	Cr	8	Fe	9	Ni	10	Cu	11	Zn	12	Ga	13	Gd	14	Yb	15	Re
No.	Compound																																
1	Al																																
2	Si																																
3	P																																
4	Ca																																
5	Ti																																
6	V																																
7	Cr																																
8	Fe																																
9	Ni																																
10	Cu																																
11	Zn																																
12	Ga																																
13	Gd																																
14	Yb																																
15	Re																																
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji																																	

Mengetahui,  
Manajer Teknis



Dra. Surjani Wicorahardjo, Ph.D.  
NIP. 196605281991032001

Malang, 22 April 2019  
Menyetujui  
s.d. Dekan  
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D  
NIP. 497208152005011001

**Lampiran 4. Alat dan bahan penelitian**

a. Frame cetakan



b. Ayakan ukuran 30 mesh



c. Pemukul pasir cetak



d. Timbangan digital



e. Pelindung tangan



f. Pelindung wajah



g. Gelas ukur



h. Resin eterset 2504



i. Pasir Lumajang



j. Bentonit



k. Air



1. Dapur pengecoran konvensional



**Lampiran 5 Proses fabrikasi cetakan pasir pengecoran logam**

a. Penimbangan pasir




b. Penimbangan bentonit



c. Pencampuran pasir, bentonit, dan air



d. Pembuatan pola dari resin



e. Pembuatan bentuk pola pada cetakan pasir



**Lampiran 6. Proses fabrikasi pengecoran logam**

- a. Pengumpulan dan pemotongan aluminium scrap velg



- b. Peleburan aluminium scrap



- c. Penuangan logam cair kedalam cetakan pasir



**Lampiran 7. Foto sampel penelitian****Lampiran 8. Tabel metode taguchi**

a. Data hasil eksperimen

Komb.	Faktor Kendali			Persentase Penyusutan			Rata-rata
	Diameter riser	Panjang runner	Diameter ingate	I	II	III	
1	20	80	10	8,62	7,72	9,62	8,72
2	20	90	15	8,71	8,93	7,96	8,53
3	20	100	20	7,56	7,73	8,49	7,93
4	25	80	15	8,27	7,42	7,11	7,60
5	25	90	20	7,11	7,56	7,42	7,36
6	25	100	10	7,96	9,02	8,36	8,44
7	30	80	20	6,40	5,73	5,91	6,01
8	30	90	10	7,24	7,64	7,69	7,53
9	30	100	15	7,16	7,24	7,69	7,36
<b>Rata-rata total</b>							7,72

## b. Data rasio S/N

Kombinasi	Persentase penyusutan			
	sampel 1	sampel 2	sampel 3	S/N
1	8,62	7,72	9,82	-18,8524
2	8,71	8,93	7,96	-18,6326
3	7,56	7,73	8,49	-17,9930
4	8,27	7,42	7,11	-17,6343
5	7,11	7,56	7,42	-17,3443
6	7,96	9,02	8,36	-18,5453
7	6,40	5,73	5,91	-15,5919
8	7,24	7,64	7,69	-17,5313
9	7,16	7,24	7,69	-17,3458
	<b>Maximal</b>			-18,6326
	<b>Minimal</b>			-15,5919

## c. Respon rata-rata faktor kendali

Simbol	Faktor Kendali	Rata-rata			Selisih
		Level 1	Level 2	Level 3	
A	Diameter riser	-18,4927	-17,8413	-16,8230	1,6697
B	Panjang runner	-17,3595	-17,8361	-17,9614	-0,6019
C	Diameter ingate	-18,3097	-17,8709	-16,9764	-0,8945
	<b>Rata-rata total</b>		-17,7190		

## d. Variasi kombinasi optimal

Simbol	Faktor Kendali	Level	Nilai
A	Diameter riser	3	$\phi$ 30 mm
B	Panjang runner	1	80 mm
C	Diameter ingate	3	$\phi$ 20 mm

## e. Hasil ANOVA

Sumber	DK	SS	MS	Fhitung	Pvalue
<b>Diameter Riser</b>	2	4,2491	2,1245	42,65	0,023
<b>Panjang Runner</b>	2	0,6051	0,3025	6,06	0,142
<b>Diameter Ingate</b>	2	2,7701	1,3850	27,86	0,035
<b>Residual</b>	2	0,09943	0,04972		
<b>Total</b>	8	7,2737			

## f. Hasil eksperimen konfirmasi

Eksperimen	Faktor Kendali			Persentase penyusutan (%)	S/N Rasio
	riser	runner	ingate		
<b>1</b>				5,68	
<b>2</b>	30mm	80mm	20mm	4,71	-14,73
<b>3</b>				6,00	
	Rata-rata			5,47	

## Lampiran 9. Persen kontribusi tiap faktor

Simbol	Faktor Kendali	$\rho$
<b>A</b>	Diameter <i>Riser</i>	12,04 %
<b>B</b>	Panjang <i>Runner</i>	25,51 %
<b>C</b>	Diameter <i>Ingate</i>	61,20 %
<b>R</b>	Residual	1,25 %
	<b>Total</b>	100 %

**Lampiran 10. Kombinasi Variasi Optimal**